

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE SERIES COMPOUND SEMICONDUCTOR**

Patent Number: JP5160437  
Publication date: 1993-06-25  
Inventor(s): KOIDE NORIKATSU  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP5160437  
Application Number: JP19910349964 19911209  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents: JP3423328B2

**Abstract**

**PURPOSE:** To raise a light emitting efficiency by guiding a light to be leaked to a sidewall side in a light outputting direction in a blue light emitting diode using GaN series compound semiconductor.

**CONSTITUTION:** A sectional shape along a light outputting direction by etching from an i-type layer 5 to an electrode forming surface of a high carrier concentration n<+> type layer 3 except an electrode forming part of the layer 5 of a light emitting diode 10 is formed in a mesa (trapezoidal) shape with the electrode 7 part of the layer 5 as an upper bottom. An insulating reflecting layer 9 is formed on the surfaces of the layers 5, 3 and the mesa part except the electrode 7 of the layer 5 and an electrode 8 part of the layer 3 at opposite side to the light outputting direction. Thus, a light leakage to a sidewall side largely different from the light outputting direction of the diode 10 is eliminated, i.e., a light outputting efficiency of the layer 9 is raised.

\_\_\_\_\_

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(11)特許出願公開番号

特開平5-160437

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)IntCl'

H O I L 33/00

識別記号

厅内整理番号

E 8934-4M

C 8934-4M

FI

### 技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数！(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-349964

(22)出願日 平成3年(1991)12月9日

(71)出願人 000241463

**豊田合成株式会社**

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(72)発明者 小出 典寛

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 弁理士 藤谷 修

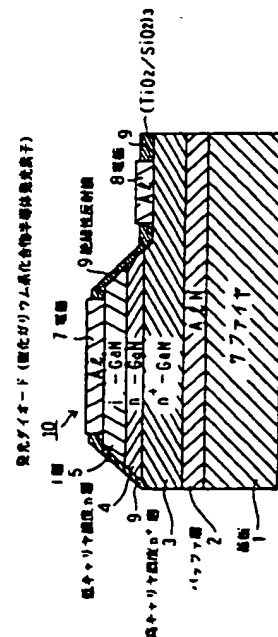
(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 GaN 系の化合物半導体を用いた青色の発光ダイオードにおいて、側壁側へ漏れる光を光取り出し方向に導いて発光効率を上昇させること。

【構成】 発光ダイオード10はi層5の電極形成部分を残しそのi層5側から高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3の電極形成面までエッチングを施して光取り出し方向に沿った断面形状を上記i層5の電極7部分を上底とするメサ

(台形)形状とする。そして、光取り出し方向と反対側で*i*層5の電極7及び高キャリア濃度*n*<sup>-</sup>層3の電極8部分を除いて上記*i*層5、上記高キャリア濃度*n*<sup>-</sup>層3及び上記メサ部分の表面に絶縁性反射膜9が形成される。これにより、発光ダイオード10は光取り出し方向と大きく異なる側面側への光漏れがなくなり、即ち、絶縁性反射膜9により光の取り出し効率が増大する。



R006793

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $X=0$ を含む) から成るn層と、p型不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $X=0$ を含む) から成るi層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

前記i層の電極部分を残し該i層側から前記n層の電極面までエッチングを施して光取り出し方向に沿った断面形状を前記i層の電極部分を上底とするメサ(台形)形状とし、光取り出し方向と反対側で前記i層及び前記n層のそれぞれの電極部分を除いて前記i層、前記n層及び前記メサ形状部分の表面に絶縁性反射膜を形成して成ることを特徴とする半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、青色の発光ダイオードとして窒化ガリウム(GaN)系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。図4に示したように、GaN系の化合物半導体を用いた発光ダイオード40は、サファイヤ基板41上に窒化アルミニウム(AlN)から成るパッファ層42が形成されている。そのパッファ層42上には、順に、GaNから成る高キャリア濃度 $n^+$ 層43とGaNから成る低キャリア濃度 $n$ 層44及びGaNから成るi層45が形成されている。そして、i層45に接続するアルミニウム(Al)で形成された電極47と高キャリア濃度 $n^+$ 層43に接続するアルミニウムで形成された電極48とが形成された構造をとっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ここで、上述の発光ダイオード40はその側壁側への光漏れが多く、例えば、サファイヤ基板41側に隣接させ集光レンズを配設したとしてもその集光率が低いという問題があった。しかも、発光ダイオード40のダイシングされた側壁側はチップングが多く、例えば、反射膜を施しても乱反射するだけで発光効率を上昇させるには至らなかった。

【0004】 本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、GaN系の化合物半導体を用いた青色の発光ダイオードにおいて、側壁側へ漏れる光を光取り出し方向に導いて発光効率を上昇させることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するための発明の構成は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $X=0$ を含む) から成るn層と、p型

2

不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $X=0$ を含む) から成るi層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記i層の電極部分を残し該i層側から前記n層の電極面までエッチングを施して光取り出し方向に沿った断面形状を前記i層の電極部分を上底とするメサ(台形)形状とし、光取り出し方向と反対側で前記i層及び前記n層のそれぞれの電極部分を除いて前記i層、前記n層及び前記メサ形状部分の表面に絶縁性反射膜を形成して成ることを特徴とする。

【0006】

【作用及び効果】 i層の電極部分を残しそのi層側からn層の電極面までエッチングを施して光取り出し方向に沿った断面形状が上記i層の電極部分を上底とするメサ形状とされる。そして、光取り出し方向と反対側で上記i層及び上記n層のそれぞれの電極部分を除いて上記i層、上記n層及び上記メサ形状部分の表面に絶縁性反射膜が形成される。これにより、発光ダイオードは光取り出し方向と大きく異なる側壁側への光漏れがなくなり、即ち、絶縁性反射膜により光の取り出し効率(素子の光強度)を上昇させることができた。

【0007】

【実施例】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は本発明に係る発光ダイオード10を示した縦断面図である。発光ダイオード10は、サファイヤ基板1を有しており、そのサファイヤ基板1に500ÅのAlNのパッファ層2が形成されている。そのパッファ層2の上には、順に、n層である膜厚2.2 $\mu m$ のGaNから成る高キャリア濃度 $n^+$ 層3と膜厚1.5 $\mu m$ のGaNから成る低キャリア濃度 $n$ 層4が形成されており、更に、低キャリア濃度 $n$ 層4の上に膜厚0.1 $\mu m$ のGaNから成るi層5が形成されている。そして、i層5に接続するアルミニウムで形成された電極7と高キャリア濃度 $n^+$ 層3に接続するアルミニウムで形成された電極8とが形成されている。更に、光取り出し方向と反対側でi層5の電極7と高キャリア濃度 $n^+$ 層3の電極8部分を除いてi層5、高キャリア濃度 $n^+$ 層3及びメサ(台形)形状部分の表面に絶縁性反射膜9が形成されている。

【0008】 次に、この構造の発光ダイオード10の製造工程について、図2及び図3を参照して説明する。用いられたガスは、 $NH_3$ とキャリアガス $H_2$ とトリメチルガリウム( $Ga(CH_3)_3$ ) (以下、TMGと記す)とトリメチルアルミニウム( $Al(CH_3)_3$ ) (以下、TMAと記す)とシラン( $SiH_4$ )とジエチル亜鉛(以下、DEZと記す)である。先ず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする単結晶のサファイヤ基板1をMOVPE装置の反応室に設置されたサセプタに装着する。次に、常圧で $H_2$ を流速2 l/minで反応室に流しながら温度1100℃でサファイヤ基板1を気相エッチングした。

3

次に、サファイヤ基板1の温度を400℃まで低下させて、 $H_2$ を20 L/min、 $NH_3$ を10 L/min、TMAを18  $\mu$ mol/minで2分間供給して500Åの厚さのAlNから成るバッファ層2を形成した。次に、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、 $H_2$ を10 L/min、 $NH_3$ を5 L/min、TMGを367  $\mu$ mol/min、 $H_2$ で1.3ppmまで希釈したシラン( $SiH_4$ )ガスを320 mL/minの割合で10分間供給し、膜厚2.2  $\mu$ m、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{18}/cm^3$ のGa<sub>0.9</sub>Nから成る高キャリア濃度 $n^-$ 層3を形成した。続いて、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、 $H_2$ を20 L/min、 $NH_3$ を10 L/min、TMGを1835  $\mu$ mol/minの割合で30分間供給し、膜厚1.5  $\mu$ m、キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/cm^3$ のGa<sub>0.9</sub>Nから成る低キャリア濃度 $n^-$ 層4を形成した。次に、サファイヤ基板1の温度を900℃にして、 $H_2$ を20 L/min、 $NH_3$ を10 L/min、TMGを146.8  $\mu$ mol/min、DEZを377.3  $\mu$ mol/minの割合で80秒間供給して、膜厚0.1  $\mu$ mのGa<sub>0.9</sub>Nから成るi層5を形成した。このようにして、図2(a)に示したような多層構造が得られた。

【0009】ここで、発光ダイオード10の発光領域は、i層5の電極7の上部及びその近傍に位置している。図2(b)に示したように、この発光領域となるi層5上にのみに $SiO_2$ から成るマスク11を5000Åの厚さに形成した。次に、図2(c)に示したように、RIE(Reactive Ion Etching:反応性イオンエッチング法)によりi層5側から高キャリア濃度 $n^-$ 層3に到達するまでエッチングを実施した。尚、この場合、発光領域となる部分をメサ型に形成するためには等方性エッチングが良い。次に、図3(d)に示したように、マスク11を除去し、真空度 $8 \times 10^{-7}$ Torr、サファイヤ基板1の温度を225℃に保持し、試料の上全面に、蒸着によりAl層12を300Åの厚さに形成した。次に、図3(e)に示したように、Al層12の上にフォトレジスト13を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト13が高キャリア濃度 $n^-$ 層3及びi層5に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

【0010】上述の製造工程の後、図3(f)に示したように、フォトレジスト13によって覆われていないAl

4

層12の露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト13をアセトンで除去し、高キャリア濃度 $n^-$ 層3の電極8、i層5の電極7を形成した。更に、発光ダイオード10の光取り出し方向と反対側の上記電極7、8以外の表面部分に $(TiO_2/SiO_2)_3$ から成る6層の絶縁性反射膜9を各膜厚( $TiO_2$ ,  $SiO_2$ )がそれぞれ600Å, 822Åとなるように蒸着により形成した。このようにして、図1に示したMIS(Metal Insulator Semiconductor)構造の窒化ガリウム系発光素子を製造することができる。この後、電極7、8上にはんだバンプを形成し、樹脂封止が実施される。

【0011】上述したように、発光ダイオード10の発光領域は、i層5の電極7の上部及びその近傍に位置している。このi層5の電極7の上部及びその近傍から発光された青色光は、i層5、高キャリア濃度 $n^-$ 層3及びメサ形状部分の表面に形成された絶縁性反射膜9、主として、メサ形状部分の表面に形成された絶縁性反射膜9により光取り出し方向に反射される。これにより、発光ダイオード10は光取り出し方向と大きく異なる側壁側への光漏れがなくなり、光の取り出し効率が上昇する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードの断面構造を示した模式図である。

【図2】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程における断面構造を示した模式図である。

【図3】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程における断面構造を示した図2に続く模式図である。

【図4】従来の発光ダイオードの断面構造を示した模式図である。

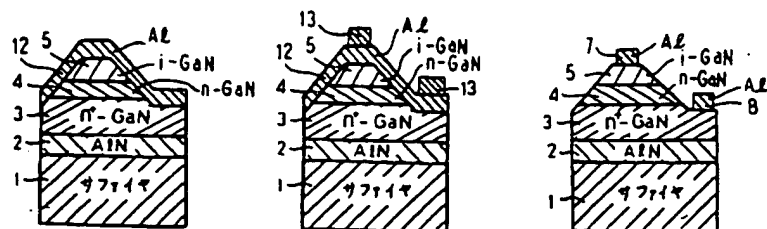
【符号の説明】

1-サファイヤ基板 2-バッファ層 3-高キャリア濃度 $n^-$ 層  
4-低キャリア濃度 $n^-$ 層 5-i層 7, 8-電極  
9-絶縁性反射膜  
10-発光ダイオード(窒化ガリウム系化合物半導体発光素子)

(窒化ガリウム系化合物半導体発光素子)



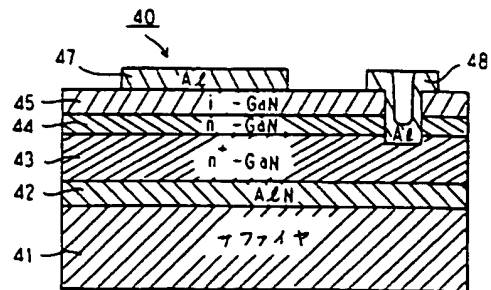
(d) (e) (f)



(5)

特開平5-160437

(図4)



R006797